

# 低NOx対応の還元脱硝式小容量排熱ボイラ

川重冷熱工業株式会社  
 滋賀工場  
 技術総括室 ボイラ技術部  
 副部長 江口 和喜

## 1. はじめに

環境規制強化の流れの中で、コージェネレーション設備は総合的に高い効率であり、エネルギーの有効利用並びに地球温暖化防止という観点からも普及が進んでいる。

熱源がガスタービンの場合の排ガスは、ばいじん量はもともと少なく、NOxについては水噴射、蒸気噴射、希薄予混合燃焼方式等の低NOx技術が使われている。しかし、規制の厳しい都市圏の地冷向けでは、更に、熱源以降の後処理となる排熱ボイラでのNOx低減対策が必要とされている。

コージェネレーションの排熱回収ボイラに脱硝装置を組み込む方式は、従来から中型、大型ボイラで実施しているが、今回、小容量の多管貫流式排熱回収ボイラでNOx低減脱硝装置組込型を開発したのでここに紹介する。

## 2. 主要目

### (1) 排熱回収ボイラの基本仕様

ドラム付水管式排熱ボイラの伝熱構造と多管式貫流ボイラの水循環方式の従来技術を組み合わせた多管貫流式排熱ボイラをベースに、還元脱硝の触媒ユニットを水管群に組み込んでいる。触媒ユニットは、ボイラ水管群内の最も脱硝反応がよい

排ガス温度となる位置に配置している。

- ・排ガス熱源：ガスタービン 700kW
- ・ボイラ形式：多管貫流式排熱ボイラ
- ・ボイラ蒸発量：2.05t/h
- ・最高使用圧力：0.98、1.56、1.98MPaG
- ・伝熱面積：42m<sup>2</sup>
- ・NOx低減方式：中温脱硝方式
- ・NOx低減率：NOx 84ppm→40ppm (O<sub>2</sub>=0%換算) 低減率52.4%

還元脱硝装置組込の排熱ボイラシリーズの主要目を表1に示す。なお、蒸発量4.5t/h以上はドラム付水管ボイラである。

### (2) 特長

- ① ボイラ水管は高温ガス群と低温ガス群に分かれて配列しており、その中間部に触媒ユニットを配置している。触媒ユニットは、保守点検の容易さを考慮し、ボイラ側面から挿入、組み込む構造としている。
- ② ボイラ・触媒ユニット・エコノマイザを一体化し、ボイラ台盤には給水ポンプユニット・給水制御弁ユニット、薬注装置を組み込み、更に、ボイラ天井部には点検操作架台・手摺を設けて、大気放蒸弁・一次圧蒸気制御弁及び主蒸気弁を配置し、排熱ボイラの全体システムのコン

表1 還元脱硝装置組込の排熱ボイラシリーズ

機種	新規開発	従来シリーズ			
	RFS-25	RGAS-50	RGAS-67	RGAS-100	RGAS-150
形式	貫流式排熱ボイラ	水管式排熱ボイラ			
実蒸発量 (t/h)	2.05	4.5	6.0	9.0	13.5
伝熱面積 (m <sup>2</sup> )	42	79	105	158	237
基準排ガス量 (Nm <sup>3</sup> /h)	11,200	23,000	26,500	45,000	59,000
脱硝方式	中温脱硝方式				
最高使用圧力	0.98、1.56、1.96	0.98、1.56、1.96、2.35、3.92			

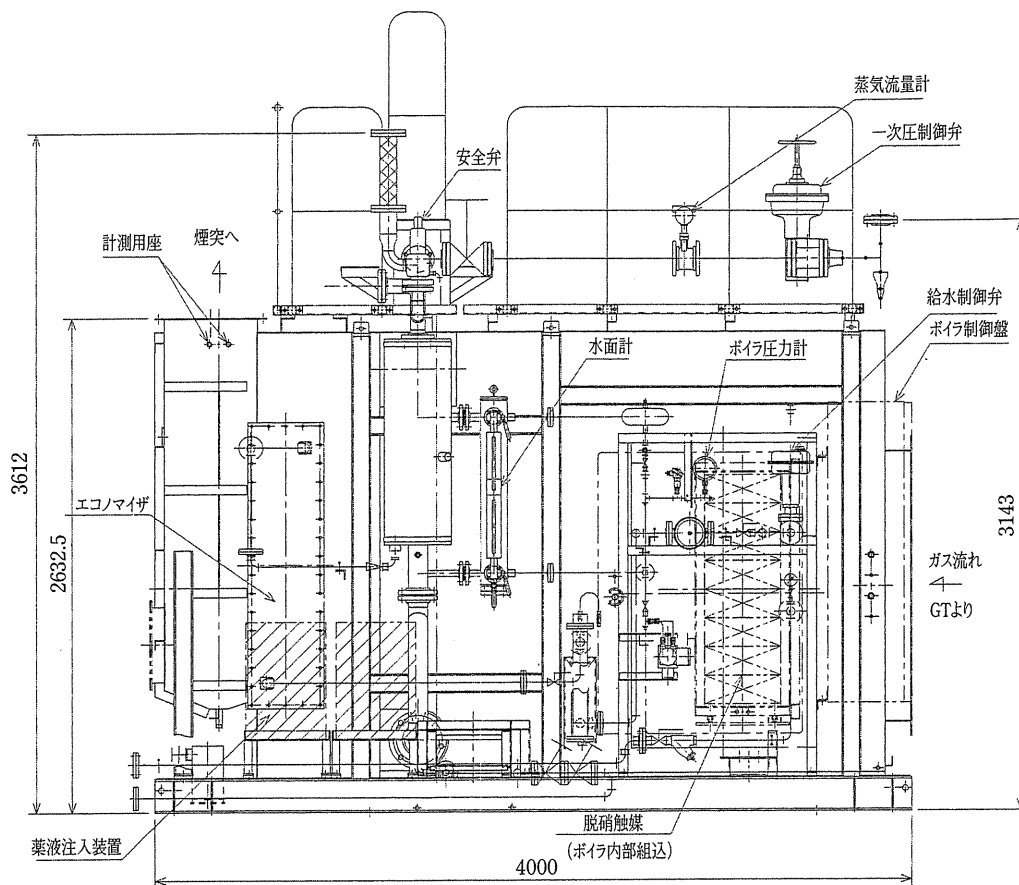


図1 還元脱硝式排熱ボイラ

パクト化・低コスト化を図っている。完全パッケージタイプであり、工場一式製作により、品質アップ・現地工事費削減効果を図っている。

- ③ 貫流式排熱ボイラは缶体の保有水量が少ないことから、起蒸時間が数分と短く、D.S.S (Daily Start Stop) 運転の多い小容量地冷のコージェネレーションシステムに適する。

反面、貫流式ボイラはドラム付水管ボイラに対し時定数が約半分以下であることから、負荷変動時の蒸気圧変動の影響は2倍と大きい。一次圧蒸気制御弁を標準装備して負荷変動の保護をしており、ボイラ停止並びにガスタービンを停止することなく、運転を継続することができる。

- ④ 当社の貫流ボイラの大きな特徴である次の方式を排熱ボイラにも継承している。
- ・気水分離器水位での給水制御方式を採用していることから、必ず満水から冷缶起動する。水管で水位制御をしている貫流ボイラのように

な起動時の水管の空運転がなく、耐久性が要求されるコージェネレーションシステムに適する。

- ・缶体への直接給水ではなく、気水分離器への給水（中給水方式）で脱気効果により給水中の溶存酸素が低減され、耐食性に優れており、脱酸素剤の薬注量が1/4と少なくよい。また、気水分離器に装着した旋回羽根の旋回・反転方式により、全負荷域に渡って蒸気乾き度が高い特徴を持つ。

### 3. 還元脱硝装置

NO<sub>x</sub>低減方法は、排ガス中のNO<sub>x</sub>を尿素水の熱分解によって得られるアンモニアで還元し、無害な水と窒素ガスに分解する選択還元脱硝方式である。

脱硝反応は、 $4NO + 4NH_3 + O_2 \rightarrow 4N_2 + 6H_2O$ で表わされる。

脱硝方式は、耐久性が長く、かつ、脱硝反応の効率のよい中温脱硝方法としている（表2参照）。ま

表2 還元脱硝方法の種類

脱硝方式	還元反応温度	取付場所	長 所	短 所
高温脱硝	460℃～510℃	ボイラー一次側に取付	ボイラ伝熱管配列形状の変更不要。反応速度が速い。	中温脱硝と比較し触媒寿命が短い。高温対策を要する。
中温脱硝	320℃～360℃	ボイラー内部に組込。伝熱管配列のガス温度350℃の間部に取付。	寿命が長い。コンパクト設計。温度の変動が少ないので、広い負荷域で同じレベルの性能が得られる。	ボイラ伝熱管配列の変更が必要。
低温脱硝	200℃～220℃	ボイラー二次側に取付。ボイラー～エコノマイザ間。	ボイラ伝熱管配列形状の変更不要。	触媒量が多くなり、反応速度が遅い。

表3 脱硝還元剤の種類と比較

還元剤	使用制限・適用法規	取扱資格	注入箇所温度	留 意 点
液化アンモニア	設置場所に安全対策が必要で、工場に適する。労働安全衛生法、消防法、毒物及び劇物取締法等。	高圧ガス取扱主任。特定化学物質取扱主任	430℃以下	可燃性と毒性がある。銅やアルミニウムに対し、腐食性を有する。
アンモニア水		特定化学物質取扱主任	430℃以下	
尿素水	適用法規、設置条件の規制なし。還元剤に危険性はないので地冷ビル向けに適する。	なし	400～600℃	凍り易いので寒冷地には不向き。結晶化して注入ノズルが閉塞しないよう温度管理が必要。

た、小容量の地冷用途であることから、還元剤は取扱資格が不要で、設備の設置要件がなく、法的規制のない尿素水を採用している（表3参照）。

還元剤の尿素水は、ガス温度500℃のボイラー1次側ダクト内に2流体ノズルで噴霧する。尿素水はダクト中で加水分解してアンモニアになり、ボイラー内のガス温度約350℃箇所に配置している触媒ユニットで還元され脱硝される。

#### 4. 脱硝装置設備フロー

##### (1) 脱硝装置

構成機器は次の7ブロックからなる（図2参照）。

###### ① 触媒ユニット

- ・触媒は主要材料に酸化チタン、バナジウムを用い、格子状モジュールを多数配列して構成している。
- ・触媒ユニットはボイラー内部に組み込んでい

る。

###### ② 尿素水注入ノズル

- ・尿素水噴霧方法は、尿素水圧噴霧＋空気噴霧式を採用している。

###### ③ 尿素水注入ポンプユニット

- ・尿素水注入ポンプはダイヤフラム型定量ポンプを採用している。
- ・ユニット内には流量計、ストレーナ、遮断弁、バルブ、配管類を付属している。

###### ④ 噴霧用空気ユニット

- ・ユニットは、空気流量指示計、空気遮断弁にて構成されている。

###### ⑤ 尿素水タンク

- ・接液部はステンレス鋼板を用いている。
- ・尿素水タンクには液面計を付属している。

###### ⑥ 脱硝装置制御盤

###### ⑦ NO<sub>x</sub>・O<sub>2</sub>分析計

- ・煙突のNO<sub>x</sub>及びO<sub>2</sub>を計測し、出力する。

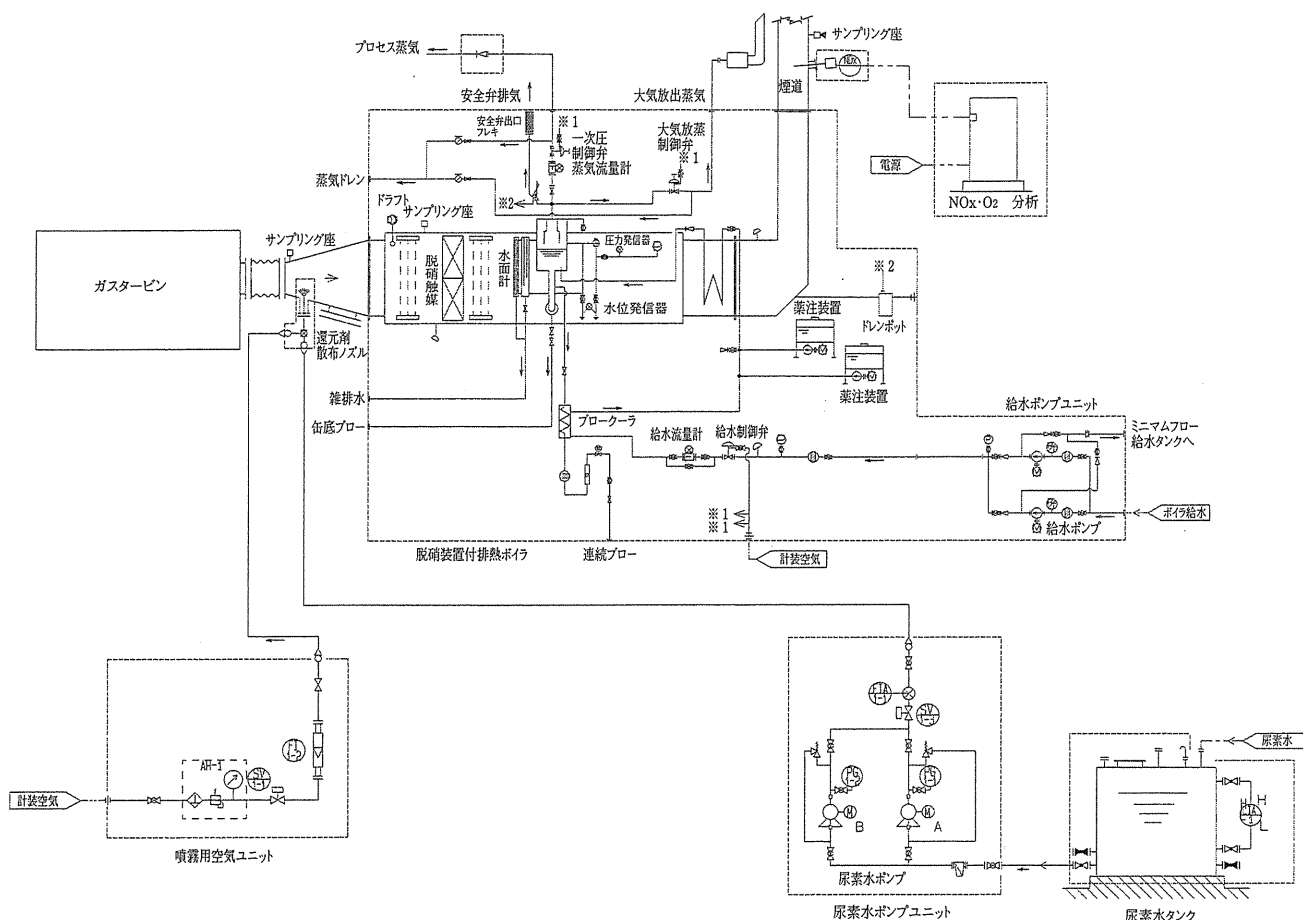


図2 フローシート

(2) 制御方式

ガスタービン発電量とNOxデータのあらかじめ設定した関係式により、発電負荷による必要還元剤注入量を演算するフィードフォワード制御とオフセット解消のため、NOx計の計測値によるフィードバック制御を行っている。中温脱硝方式であり、反応速度は比較的速い。

5. おわりに

ガスタービン熱源の地域冷暖房向設置数は、常用ガスタービン設置数の約15%とされている。厳しいNOx規制に対する必要があり、脱硝装置付排熱ボイラの設置数は多くないが、大都市圏を中心に環境規制強化の中で必要とされる製品として、今後もシリーズ化の拡大・製品の充実を図っていきたいと考えている。